



STUDI KASUS IMBANGAN ANGKUTAN SEDIMEN DI KALI KRASAK

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh
Lanaria Pangestu
NIM. 10510134025

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2014**

PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul "STUDI KASUS IMBANGAN ANGKUTAN SEDIMEN DI KALI KRASAK" ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, Februari 2014
Dosen Pembimbing


Drs. Luthito, M.T.
NIP. 19510506 197803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN
PROYEK AKHIR
STUDI KASUS IMBANGAN ANGKUTAN SEDIMEN DI KALI PUTIH

Dipersiapkan dan disusun oleh

LANARIA PANGESTU

10510134025

Telah dipertahankan di depan Penguji Proyek Akhir Jurusan Teknik Sipil dan
Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal Maret 2014

dan dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Jabatan	Nama Lengkap	Tanda Tangan	Tanggal
1. Ketua Penguji	Drs. H. Lutjito, M.T.		16/03 2014
2. Penguji Utama I	Drs. Darmono, M.T.		16/03 2014
3. Penguji Utama II	Didik Purwantoro, S.T., M.Eng		16/03 2014

Yogyakarta, April 2014

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta




Drs. Bruri Triyono, M.Pd.
NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Februari 2014
Yang menyatakan,



Lanaria Pangestu
NIM. 10510134025

MOTTO

Hidup itu dijalani dengan bersyukur.

Setiap hari berusaha bersyukur agar selalu diberi kemurahan dan ketenangan dari

Allah SWT

LEMBAR PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini khusus dipersembahkan untuk:

Kedua orang tua saya yang turut memberi motivasi untuk menyelesaikan
laporan ini.

Adik-adik saya yang selalu mendoakan agar cepat selesai.

Anisa Anggraini dan keluarga

Semua teman-teman Jurusan Pendidikan Teknik Sipil khususnya D3 Teknik

Sipil kelas E dan Hidro angkatan 2010.

Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan yang tidak bisa
disebutkan.

STUDI KASUS IMBANGAN ANGKUTAN SEDIMEN DI KALI KRASAK

Lanaria Pangestu

ABSTRAK

Proyek akhir ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penambangan sedimen dan lama banjir yang diperlukan untuk mengisi galian akibat penambangan di wilayah kali Krasak daerah di daerah Kuwu'an.

Metode yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah mengamati atau mengukur sampel yang dapat mewakili populasi yang diteliti. Data hidrologi yang digunakan dalam proyek akhir antara lain adalah peta DAS kali Krasak, peta stasiun hujan di sekitar kali Krasak, serta data gradasi butiran dan berat jenis kali Krasak. Untuk menghitung debit banjir rencana digunakan metode rasional, weduwen, dan hasper. Dan untuk menghitung angkutan transport sedimen digunakan perumusan Meyer, Peter dan Muller

Dari hasil Perhitungan yang dilakukan untuk 4 stasiun hujan yaitu stasiun Kalibawang, stasiun Kemptut, stasiun Plunyon, stasiun Babadan, dan stasiun Plunyon menggunakan metode (1) rasional, (2) weduwen, (3) hasper untuk periode ulang 5 tahun didapat masing-masing hasil sebagai berikut : (1) 418,68 m³/det, (2) 145,08 m³/det, (3) 58,90 m³/det. Jika dari ketiga perhitungan diambil yang terbesar, maka metode rasional dipilih untuk debit banjir rencana. Hasil perhitungan transport sedimen menggunakan rumus Meyer-Peter-Muller menghasilkan angkutan sedimen dasar untuk seluruh lebar sungai sebesar 4,16 m³/det dan untuk angkutan sedimen selama 1 jam sebesar 14962 m³/det. Dari hasil penambangan sedimen yang dilakukan di daerah Kuwu'an didapatkan sebesar 172800 m³/tahun. Sehingga penambangan sedimen yang diambil di daerah Kuwu'an dalam waktu 1 tahun adalah 172800 m³ dapat diimbangi selama 11,54 jam dengan angkutan sedimen sebesar 172823 m³.

Kata Kunci: Angkutan Sedimen, Debit Banjir Rencana, Imbangan Kali Krasak.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir dengan judul “**studi kasus imbalanced angkutan sedimen di kali Krasak**” dengan baik. Proyek Akhir ini merupakan salah satu kewajiban dari mahasiswa yang harus ditempuh untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di program studi Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Proyek Akhir ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa ada dukungan dari berbagai pihak yang terkait, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberi dukungan dalam bentuk materil dan moril sehingga dapat terselesaikannya laporan ini.
2. Bapak Drs. H. Lutjito, M.T.; selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan laporan Proyek Akhir.
3. Bapak Didik Purwantoro, S.T. M.Eng.; selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama perkuliahan.
4. Dr. -Ing. Satoto Endar Nayono, S.T., M.Sc., M.Eng.; selaku Koordinator Proyek Akhir yang telah memberikan pengarahan dan saran selama proses pembuatan Proyek Akhir.
5. Bapak Sudarman, S.Pd.; selaku Teknisi Laboratorium yang selalu membantu dan mengarahkan dalam proses pengumpulan data.

6. Kepada adik-adikku yang selalu memberi semangat baru dalam berbagai hal dan doa sehingga laporan dapat terselesaikan Proyek Akhir ini dengan lancar.
7. Rizal Gunawan, Fauzi Khamal Ghani, selaku partner dalam proses pelaksanaan Proyek Akhir.
8. Teman-teman semua kelas H dan E angkatan 2010.
9. Kepada pihak-pihak terkait yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungannya.

Penyusun menyadari bahwa Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini dan semoga dapat bermanfaat bagi semua yang membaca laporan ini khususnya dilingkungan Teknik Sipil. Amiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Februari 2014
Penyusun

Lanaria Pangestu
NIM. 10510134025

DAFTAR ISI

	Hal.
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	2
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan	3
F. Manfaat.....	3
 BAB II KAJIAN TEORI.....	 3
A. Analisis Hidrologi.....	4

B. Daerah Aliran Sungai.....	4
C. Curah Hujan Rencana	
1. Curah Hujan Area.....	5
a. Metode Rata-rata Aljabar.....	5
b. Metode Poligon <i>Thiessen</i>	6
c. Metode Rata-Rata <i>Isohyet</i>	8
d. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata	9
D. Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	10
1. Parameter Statistik	10
a. Nilai Rata-Rata	11
b. Standar Deviasi.....	11
c. Koefisien Variasi	11
d. Koefisien Kemencengan.....	12
e. Koefisien Kurtosis	12
2. Pemilihan Jenis Sebaran	13
a. Sebaran Gumbel Tipe I.....	13
b. Sebaran Log Pearson Tipe III	15
c. Sebaran Normal	18
d. Sebaran Log Normal	22
3. Uji Kecocokan Sebaran	23
a. Uji Kecocokan <i>Chi-Square</i>	23
b. Uji Kecocokan <i>Smirnov-kolmonogorof</i>	25
E. Intensitas Curah Hujan	26

1. Menurut Dr. Mononobe	26
2. Menurut Sherman	27
3. Menurut Talbot	27
4. Menurut Ishiguro	28
F. Debit Banjir Rencana	29
1. Metode Rasional.....	29
2. Metode Weduwen	30
3. Metode Hasper	31
G. Pengertian Angkutan Sedimen	32
H. Angkutan Sedimen di Sungai	32
1. Muatan Dasar	32
2. Muatan Melayang.....	33
I. Hitungan Transport Sedimen	33
BAB III LANGKAH PENGAMATAN	35
A. Cara Pengamatan	35
B. Metode Pengumpulan Data.....	36
C. Tempat	36
1. Lokasi.....	36
2. Tempat Pengujian	36
D. Bahan dan Alat	37
E. Data Penunjang	38
F. Alur Penyusunan Tugas Akhir	40
BAB IV ANALISIS HIDROLOGI	41

A. Analisis Hidrologi.....	41
B. Penentuan Daerah Aliran Sungai	41
C. Data Curah Hujan Maksimum	43
D. Analisa Data Curah Hujan yang Hilang	44
E. Analisis Curah Hujan Area	52
F. Perhitungan Curah Hujan Rencana	49
1. Pengukuran Dispersi.....	49
a . Deviasi Standar.....	50
b. Koefisien <i>Skewness</i>	50
c. Pengukuran Kurtosis	50
d. Koefisien Variasi.....	51
2. Pemilihan Jenis Sebaran	51
3. Uji Kecocokan Sebaran	53
G. Debit Banjir Rencana.....	54
1. Metode Rasional	54
2. Metode Weduwen.....	57
3. Metode Hasper.....	60
H. Perhitungan Transport Sedimen	63
F. Pembahasan	68
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1. Pemilihan Jenis sebaran	13
Tabel 2. <i>Reduced Mean</i> (Y_n) Sebaran Gumbel Tipe I	14
Tabel 3. <i>Reduced Standard Deviation</i> Sebaran Gumbel Tipe I.....	15
Tabel 4. <i>Reduced Variate</i> (Y_t) Sebaran Gumbel Tipe I.....	15
Tabel 5. Harga K untuk Metode Log-Pearson III	17
Tabel 6. Wilayah Luas di bawah Kurva Normal.....	20
Tabel 7. Penentuan Nilai K pada sebaran Normal	21
Tabel 8. Standard Variable (K_t)	23
Tabel 9. Nilai χ^2 Kritis	25
Tabel 10. Nilai D_0 kritis	26
Tabel 11. Koefisien Pengaliran	30
Tabel 12. Luas Pengaruh Stasiun Hujan	42
Tabel 13. STA Kalibawang.....	43
Tabel 14. STA Kempud	43
Tabel 15. STA Plunyon.....	44
Tabel 16. STA Babadan	44
Tabel 17. Hasil Perhitungan Data yang Hilang STA Babadan	47
Tabel 18. Hasil Perhitungan Data yang Hilang STA Plunyon.....	47
Tabel 19. Hasil Perhitungan Data yang Hilang STA Kempud	48
Tabel 20. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	48
Tabel 21. Parameter Statistik	49

Tabel 22. Pemilihan Jenis Sebaran.....	51
Tabel 23. <i>Reduced Variate</i> (Y_t).....	52
Tabel 24. Curah Hujan Rencana untuk T tahun	52
Tabel 25. Perhitungan Chi Kuadrat.....	54
Tabel 26. Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Rasional	57
Tabel 27. Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Weduwen.....	59
Tabel 28. Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Hasper.....	61
Tabel 29. Rangkuman Perhitungan Debit Banjir Rencana	62
Tabel 30. Hasil Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar	66
Tabel 31. Banyaknya Angkutan Sedimen dalam Satuan Jam.....	66

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1. Metode Poligon <i>Thiessen</i>	8
Gambar 2. Metode <i>Isohyet</i>	9
Gambar 3. Pasir Krasak.....	37
Gambar 4. Gelas Ukur.....	37
Gambar 5. Timbangan.....	38
Gambar 6. Piring	38
Gambar 7. Ayakan	38
Gambar 8. Bagan Alur Penyusunan Tugas Akhir	40
Gambar 9. Luas DAS dengan Poligon <i>Thiessen</i>	42
Gambar 10. Grafik Curah Hujan rencana	53
Gambar 11. Grafik Debit Banjir Rencana.....	62
Gambar 12. Besar Angkutan Sedimen Berdasarkan Rumus MPM	66
Gambar 13. Besar Angkutan Sedimen dalam Satuan Jam.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Gambar Peta Lokasi Stasiun Hujan SUB DAS Kali Krasak
- Lampiran 2 : Laporan Praktikum Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami
- Lampiran 3 : Laporan Praktikum Pemeriksaan Analisa Ayak Pasir (MKB)
- Lampiran 4 : Grafik Gradasi Butiran
- Lampiran 5 : Tabel Curah Hujan

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai Krasak atau yang lebih dikenal oleh penduduk setempat sebagai kali Krasak adalah nama sungai yang mengalir dari gunung Merapi ke arah barat daya hingga bermuara di kali Progo. Kali ini cukup berbahaya di musim penghujan, karena dapat mengalirkan lahar dingin dari puncak Merapi(Wikipedia.org).

Pada saat terjadinya lahar dingin, arah aliran lavanya lurus mengikuti arah aliran kali Krasak, hal ini menyebabkan bangunan-bangunan disekitar hancur dan rusaknya area perkebunan dan pertanian di sekitar kali Krasak tersebut. Dampak lain yang terjadi yaitu adanya perubahan luas atau bentuk sungai sehingga menciptakan bentuk sungai yang baru. Setelah terjadinya lahar dingin, sedimen yang terbawa oleh aliran air tersebut kemudian mengendap dan menjadikan area di sekitar kali menjadi area penambangan sedimen.

Sekarang selain bermatapencaharian sebagai petani, sebagian besar penduduk yang bertempat tinggal di sekitar kali Krasak berprofesi sebagai penambang pasir. Dikarenakan sedimen dalam hal ini seperti pasir dan batu merupakan bahan dasar yang diperlukan di dalam konstruksi, sehingga banyak sekali keuntungan dari hasil penambangan tersebut.

Kejadian proses sedimentasi yang terjadi di kali Krasak tersebut mengakibatkan pendangkalan sungai, tetapi dilihat dari banyaknya penambangan yang dilakukan di daerah sekitar kali Krasak apakah ada kemungkinan untuk mengurangi pendangkalan di dasar sungai atau tidak.

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas penulis melakukan kajian untuk Proyek Akhir mengenai “studi kasus imbangn angkutan sedimen di kali Krasak”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan masalah diatas, maka dapat diidentifikasi suatu permasalahan sebagai berikut .

1. Tingginya curah hujan yang terjadi di wilayah hulu kali Krasak dapat menyebabkan banjir lahar dingin yang besar sehingga mengakibatkan rusaknya infrastruktur di wilayah bantaran sungai.
2. Adanya perubahan tampang sungai kali Krasak akibat terjangan banjir lahar dingin.
3. Sedimentasi yang terjadi di wilayah DAS kali Krasak dapat menyebabkan pendangkalan sungai.
4. Gunung Merapi memiliki lereng yang curam sehingga bantaran sungai mengalami pengikisan dan erosi.
5. Pengendapan sedimen yang besar menyebabkan terjadinya penambangan pasir di wilayah kali Krasak.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dibatasi suatu permasalahan yang berkaitan dengan angkutan sedimen kali Krasak adalah sebagai berikut:

1. Analisis imbangn sedimen berupa penambangan pasir dilakukan di wilayah kali Krasak di daerah Kuwu'an.

2. Data curah hujan daerah yang diteliti yaitu antara tahun 2003 sampai 2012.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Berapakah besarnya pengangkutan sedimen yang dilakukan di daerah Kuwu'an?
2. Berapakah lama banjir yang diperlukan untuk mengisi galian hasil penambangan?

E. Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besarnya pengangkutan sedimen yang terjadi di daerah Kuwu'an.
2. Mengetahui lama banjir yang diperlukan untuk mengisi galian akibat penambangan.

F. Manfaat

Manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pengetahuan teori tentang sedimen.
2. Memberikan informasi tentang keadaan sedimentasi di kali Krasak.
3. Menjadikan penelitian ini sebagai wawasan dan pengalaman penulis sebelum masuk ke dunia kerja.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan salah satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan hidraulik di mana informasi dan besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya.

Analisis hidrologi sangat penting untuk memperkirakan debit banjir rencana, debit banjir ini diperlukan untuk perhitungan angkutan sedimen. Data yang diperlukan adalah data mengenai curah hujan yang terjadi serta luas daerah aliran sungai (Sekti, AN; Syahrizal, 2011).

B. Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut. Komponen masukan dalam DAS adalah curah hujan, sedangkan keluarannya terdiri dari debit air dan muatan sedimen (Suripin, 2004). Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi tersusun dari DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi sehingga dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi aliran ke titik kontrol (outlet).

DAS Krasak merupakan daerah yang terletak di lereng barat gunung Merapi yang secara administratif berada di wilayah kabupaten Magelang, kabupaten Sleman dan sedikit kabupaten Kulon Progo (Chrisna, 2011).

C. Curah Hujan Rencana

1. Curah Hujan Area

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perhitungan transpor sedimen. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003). Curah hujan area ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Berikut metode perhitungan curah hujan area dari pengamatan curah hujan di beberapa titik :

a. Metode Rata-Rata Aljabar

Metode perhitungan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arichmetic mean*) pengukuran curah hujan di stasiun hujan didalam area

tersebut dengan mengasumsikan bahwa semua stasiun hujan mempunyai pengaruh yang setara. Metode ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika topografi rata atau datar, stasiun hujan banyak dan tersebar secara merata di area tersebut serta hasil penakaran masing-masing stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh stasiun hujan di seluruh area.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata DAS (mm)
 R_1, R_2, R_n = curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)
 n = banyaknya stasiun hujan

b. Metode Poligon Thiessen

Metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa asumsi variasi hujannya dapat mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2004). Metode ini cocok jika stasiun hujan tidak tersebar merata dan jumlahnya terbatas dibanding luasnya. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran

sungai yang akan dihitung. Besarnya koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (CD.Soemarto, 1987) :

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

C = Koefisien Thiessen
 A_i = Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan i (km^2)
 A_{total} = Luas total dari DAS (km^2)

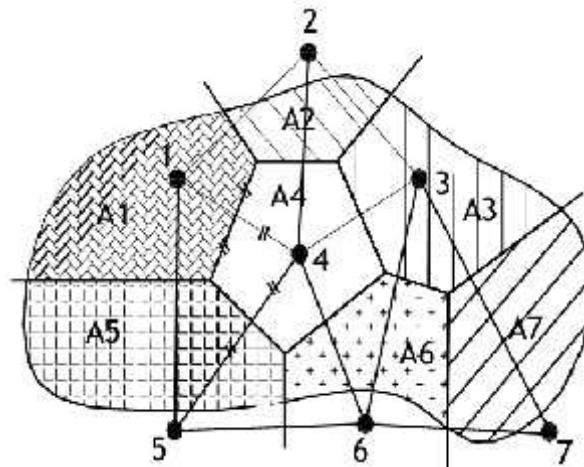
Langkah – langkah metode *Thiessen* sebagai berikut :

- 1) Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
- 2) Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon *Thiessen*. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- 3) Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
- 4) Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata DAS (mm)
 A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaruh dari setiap sta hujan (km^2)
 R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun hujan (mm)
n = Banyaknya stasiun hujan



Gambar 1. Metode Poligon *Thiessen*

c. Metode Rata-Rata *Isohyet*

Metode perhitungan dengan memephrhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap stasiun hujan dengan kata lain asumsi metode *Thiessen* yang menganggap bahwa stasiun hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode ini cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur (Suripin, 2004).

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Plot data kedalaman air hujan untuk setiap stasiun hujan pada peta.
- 2) Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air hujan yang sama. Interval *Isohyet* yang umum dipakai adalah 10 mm.
- 3) Hitung luas area antara dua garis *Isohyet* yang berdekatan dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua *Isohyet* yang berdekatan.
- 4) Hitung hujan rata-rata DAS dengan rumus :

$$R = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n+1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(4)$$

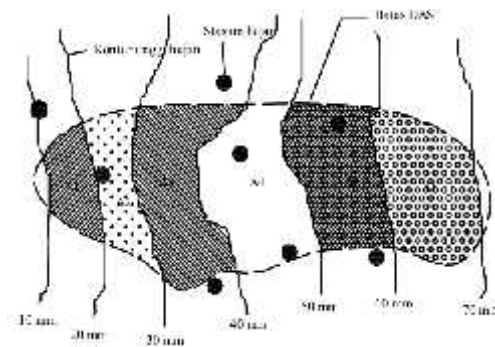
Dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata DAS (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh Isohyet-Isohyet (km²)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di garis *Isohyet* (mm)

Jika stasiun hujannya relatif lebih padat dan memungkinkan untuk membuat garis Isohyet maka metode ini akan menghasilkan hasil yang lebih teliti. Peta Isohyet harus mencantumkan sungai-sungai utamanya, garis-garis kontur dan mempertimbangkan topografi, arah anging, dan lain-lain didaerah bersangkutan. Jadi untuk membuat peta *Isohyet* yang baik, diperlukan pengetahuan, keahlian dan pengalaman yang cukup (Sosrodarsono, 2003).



Gambar 2. Metode *Isohyet*

d. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Metode/ cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan hujan maksimum rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

Tentukan hujan maks harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.

- 1) Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- 2) Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
- 3) Tentukan hujan maks. Harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- 4) Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maks harian DAS untuk tahun yang bersangkutan (Suripin, 2004).

D. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu (Soewarno, 1995). Berdasarkan curah hujan rencana dapat dicari besarnya intensitas hujan (analisis frekuensi) yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran gumbel tipe I, sebaran Log *Pearson* tipe III, sebaran normal Normal dan sebaran Log Normal. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

1. Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (X), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien

kemiringan (C_s) dan koefisien *kurtosis* (C_k). Perhitungan parameter tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan rata-rata maks 20 tahun terakhir.

a. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

\bar{X} = nilai rata-rata curah hujan
 X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i
 n = jumlah data curah hujan

b. Standar deviasi

Ukuran sebaran yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S_d akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai S_d akan kecil. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

S_d = standar deviasi curah hujan
 \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan
 X_i = nilai pengukuran dari suatu daerah hujan ke-i
 n = jumlah data curah hujan

c. Koefisien variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soewarno,1995) :

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

C_v = koefisien variasi curah hujan
 S_d = standar deviasi curah hujan
 \bar{X} = nilai rata-rata curah hujan

d. Koefisien kemencengan

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

C_s = koefisien *Skewness*
 X_i = nilai variat ke i
 \bar{X} = nilai rata-rata variat
 n = jumlah data
 S_d = standar deviasi curah hujan

e. Koefisien *kurtosis*

Koefisien *kurtosis* digunakan untuk menentukan keruncingan kurva dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

C_k = koefisien kurtosis
 X_i = nilai variat ke i

- X = nilai rata-rata variat
 n = jumlah data
 S_d = standar deviasi curah hujan

2. Pemilihan Jenis Sebaran

Masing-masing sebaran memiliki sifat-sifat khas sehingga harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing sebaran tersebut. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Pengambilan sebaran secara sembarang tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan. Penentuan jenis sebaran yang akan digunakan untuk analisis frekuensi dapat dipakai beberapa cara sebagai berikut:

- Sebaran *Gumbel* Tipe I
- Sebaran Log *Pearson* tipe III
- Sebaran Normal
- Sebaran Log Normal

Tabel 1. Pedoman Pemilihan Sebaran (I Made, 2011)

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

a. Sebaran *Gumbel* Tipe I

Digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode

Tabel 3. *Reduced Standard Deviation* (S_n) Sebaran Gumbel Tipe I (CD.Soemarto, 1987)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Tabel 4. *Reduced Variate* (Y_1) Sebaran Gumbel Tipe I (CD.Soemarto, 1987)

Periode Ulang	<i>Reduced Variate</i>
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

b. Sebaran Log-Pearson Tipe III

Digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk sebaran Log-Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari sebaran *Pearson* tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Metode Log-Pearson tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat

dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut

(Soewarno, 1995) :

$$Y = \bar{Y} + K.S \quad \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

\bar{Y} = nilai logaritmik dari X

\bar{Y} = rata-rata nilai Y

S = deviasi standar nilai Y

K = karakteristik distribusi peluang Log-Pearson tipe III

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X
- 2) Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

$\overline{\log x}$ = harga rata-rata logaritmik

n = jumlah data

- 3) Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

S_d = standar deviasi dari log X

- 4) Menghitung harga koefisien kemencengan dengan rumus berikut :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \quad \dots\dots\dots(16)$$

Dimana :

C_s = koefisien kemencengan

- 5) Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\log X = \overline{\log X} + k (\overline{S \log X}) \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

X = curah hujan rencana periode ulang T tahun

K = harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s

- 6) Tentukan anti log dari log X, untuk mendapat nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai C_s nya. Nilai nilai $C_s=0$, maka distribusi log Pearson tipe 3 identik dengan distribusi log normal, sehingga distribusi kumulatifnya akan tergambar sebagai garis lurus pada kertas grafik log normal.

Tabel 5. Harga K Untuk Metode Log *Pearson* III (CD.Soemarto, 1987)

Kemencengan	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
(Cs)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,840	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	5,525

Lanjutan tabel 5.

Kemencengan	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
(CS)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,830	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	1,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

c. Sebaran Normal

Digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Sebaran normal atau kurva normal disebut pula *Gauss – Probability Density Function* dari sebaran normal adalah :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(X-\mu)^2}{\sigma^2}} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

$P(X)$ = nilai logaritmik dari X atau log (X)
= 3,14156

E = 2,71828
 X = variabel acak kontinue
 μ = rata-rata nilai X
 σ = standar deviasi nilai X

Untuk analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistik μ dan σ . Bentuk kurvanya simetris terhadap $X = \mu$ dan grafiknya selalu diatas sumbu datar X , serta mendekati (berasimtot) sumbu datar X , dimulai dari $X = \mu + 3\sigma$ dan $X - 3\sigma$. Nilai mean = modus = median. Nilai X mempunyai batas $-\infty < X < +\infty$.

Luas dari kurva normal selalu sama dengan satu unit, sehingga :

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx = 1,0 \quad \dots\dots\dots(19)$$

Untuk menentukan peluang nilai X antara $X = x_1$ dan $X = x_2$, adalah :

$$P(X_1 < X < X_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{X-\mu}{\sigma}\right]^2} dx \quad \dots\dots\dots(20)$$

Apabila nilai X adalah standar, dengan kata lain nilai rata-rata $\mu = 0$ dan deviasi standar $\sigma = 1,0$, maka persamaan 20 dapat ditulis sebagai berikut:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}t^2} \quad \dots\dots\dots(21)$$

Dengan :

$$t = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad \dots\dots\dots(22)$$

Persamaan 22 disebut dengan sebaran normal standar (*standard normal distribution*). Tabel 6 menunjukkan wilayah luas dibawah kurva normal, yang merupakan luas dari bentuk kumulatif (*cumulative form*) dan sebaran normal.

Tabel 6. Wilayah Luas di bawah Kurva Normal (Soewarno, 1995)

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-2,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-2,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-2,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-2,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-2,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-1,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-1,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-1,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-1,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-1,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-1,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-1,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0094	0,0089	0,0087	0,0084
-1,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-1,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-1,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-0,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-0,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-0,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-0,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-0,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-0,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-0,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-0,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-0,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
0,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
0,1	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
0,2	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,3	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,4	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,7	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,8	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
0,9	0,4502	0,4452	0,4402	0,4353	0,4303	0,4254	0,4204	0,4155	0,4105	0,4056
1,0	0,5000	0,4950	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
1,1	0,5000	0,50470	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
1,2	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
1,3	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
1,4	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
1,5	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
1,6	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
1,7	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549

Lanjutan tabel 6.

z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9891	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9896	0,9901	0,9903	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9915
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9972	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Tabel 7. Penentuan Nilai K pada Sebaran Normal (Soewarno, 1995)

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52

Lanjutan tabel 7.

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,200	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

d. Sebaran log normal

merupakan hasil transformasi dari sebaran normal, yaitu dengan mengubah nilai variat x menjadi nilai logaritmik variat x . Metode log normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (I Made, 2011) :

$$\overline{\text{Log } X_t} = \text{Log } \bar{X} + K_t + S_d \text{ Log } X \dots\dots\dots(23)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun

$\text{Log } \bar{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

S_d = Standar Deviasi data $\text{Log } X$

K_t = Standard Variable untuk periode ulang t tahun yang besarnya diberikan pada tabel 8

Tabel 8. *Standard Variable* (K_t) (Suripin, 2004)

No	Periode ulang, T (tahun)	K_t
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,56
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,54
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	0,67
8	1,430	0,52
9	1,620	-0,23
10	2,000	0
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,28
16	20,000	1,64
17	50,000	2,05
18	100,000	2,33
19	200,000	2,56
20	500,000	2,89
21	1000,000	3,05

3. Uji Kecocokan Sebaran

Uji sebaran dilakukan dengan uji kecocokan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat menggambarkan atau mewakili dari sebaran statistik sampel data yang dianalisis tersebut (CD.Soemarto, 1987). Ada dua jenis uji kecocokan yaitu uji kecocokan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorof*.

a. Uji Kecocokan *Chi-Square*

Uji kecocokan *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca didalam kelas tersebut atau dengan membandingkan

nilai *Chi Square* (χ^2) dengan nilai *Chi Square* kritis (χ^2_{cr}). Uji kecocokan *Chi-Square* menggunakan rumus (Soewarno, 1995) :

Dimana :

$$\chi^2_h = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(24)$$

Dimana:

- χ^2_h = harga *Chi-Square* terhitung
- O_i = jumlah data yang teramati terdapat pada sub kelompok ke-i
- E_i = jumlah data yang secara teoritis terdapat pada sub kelompok ke-i
- G = jumlah sub kelompok

Prosedur uji kecocokan *Chi-Square* adalah :

- 1) urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- 2) Kelompokkan data menjadi G *sub-group*, tiap-tiap *sub-group* minimal terdapat lima buah data pengamatan.
- 3) Hitung jumlah pengamatan yang teramati di dalam tiap-tiap *sub-group*.
- 4) Hitung jumlah atau banyaknya data yang secara teoritis ada di tiap-tiap *sub-group* (O_i).
- 5) Tiap-tiap *sub-group* hitung nilai :
 $(O_i - E_i)$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- 6) Jumlah seluruh G *sub-group* nilai $\sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi Square* hitung.
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R=2$ untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R=1$, untuk distribusi Gumbel) (Soewarno, 1995).

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- a) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima

- b) Apabila peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
- c) Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu penambahan data

Tabel 9. Nilai χ^2 kritis (Soewarno,1995)

DK	Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,02	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,480	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,227	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
15	4,601	5,229	6,161	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,17	37,566	39,997
25	10,52	11,524	13,120	14,661	37,652	40,646	44,314	46,928
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

b. Uji *Smirnov-Kolmonogorof*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmonogorof* dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap-tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan (). Perbedaan maksimum yang dihitung (α_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (α_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika (α_{maks}) < (α_{cr}).

Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995):

$$\alpha = \frac{P_{max} - P_{(x)}}{P_{(x)} \Delta_{Cr}} \dots\dots\dots(26)$$

Prosedur uji kecocokan *Smirnov-Kolmonogorof* adalah :

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya nilai masing-masing data tersebut :
- 2) Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :
- 3) Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- 4) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmonogorof test*), tentukan harga D_0 (tabel 10)

Tabel 10. Nilai D_0 kritis (Soewarno,1995)

Jumlah data N	α derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$1,07/n$	$1,22/n$	$1,36/n$	$1,63/n$

Dimana α = derajat kepercayaan

E. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu.

Rumus-rumus yang dapat dipakai:

1. Menurut *Mononobe*

Jika data curah hujan yang ada hanya curah hujan harian. Rumus yang digunakan (Sosrodarsono, 2003) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(27)$$

Dimana :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = lamanya curah hujan (jam)
- R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2. Menurut *Sherman*

Rumus yang digunakan (CD.Soemarto, 1987) :

$$I = \frac{a}{t^b} \dots\dots\dots(28)$$

$$\log a = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(i)) \sum_{j=1}^n (\log(t))^2 - \sum_{i=1}^n (\log(t) \cdot \log(i)) \sum_{j=1}^n (\log(t))}{n \sum_{j=1}^n (\log(t))^2 - \left(\sum_{j=1}^n (\log(t)) \right)^2} \dots\dots\dots(29)$$

$$\log b = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(i)) \sum_{j=1}^n (\log(t)) - n \sum_{j=1}^n (\log(t) \cdot \log(i))}{n \sum_{j=1}^n (\log(t))^2 - \left(\sum_{j=1}^n (\log(t)) \right)^2} \dots\dots\dots(30)$$

Dimana :

- I = intensitas curah hujan
- t = lamanya curah hujan (menit)
- a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah
- n = banyaknya pasangan data i dan t

3. Menurut *Talbot*

Rumus yang digunakan (CD.Soemarto,1987) :

$$I = \frac{a}{(t+b)} \dots\dots\dots(31)$$

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (it) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2 t) \sum_{j=1}^n (i)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots(32)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i t) - n \sum_{j=1}^n (i^2 t)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots(33)$$

Dimana :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = lamanya curah hujan (menit)
- a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran
- n = banyaknya pasangan data i dan t

4. Menurut *Ishiguro*

Rumus yang digunakan (CD.Soemarto, 1987) :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \dots\dots\dots(34)$$

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (i \cdot \sqrt{t}) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot \sqrt{t}) \sum_{j=1}^n (i)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots(35)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i \cdot \sqrt{t}) - n \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot \sqrt{t})}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots(36)$$

Dimana :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = lamanya curah hujan (menit)
- a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran
- n = banyaknya pasangan data i dan t

F. Debit Banjir Rencana

Menurut Suripin (2004) ada beberapa metode untuk memperkirakan debit banjir rencana. Metode yang dipakai pada suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Dalam prakteknya perkiraan debit banjir dilakukan dengan beberapa metoda dan debit banjir rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis (*engineering judgement*). metode yang digunakan diantaranya adalah :

1. Metode Rasional

Perhitungan metode rasional adalah yang paling umum digunakan, menggunakan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono, 2003):

$$Q = \frac{1}{3,6} f \cdot r \cdot A = 0,277 f r A \quad \dots\dots\dots(37)$$

dimana:

Q = debit banjir rencana (m³/det)

f = koefisien pengaliran

r = intensitas hujan selama t jam (mm/jam)

$$r = \frac{R_{24}}{24} \frac{24}{T}^{\frac{2}{3}}$$

R₂₄ = curah hujan harian (mm)

$$T = \frac{L}{W}$$

T = waktu tiba banjir (jam)

$$W = 20 \frac{H^{0,6}}{l} \text{ (m/det) atau } 72 \frac{H^{0,6}}{l} \text{ (km/det)}$$

W = kecepatan tiba dari banjir (m/det atau km/jam)

l = jarak dari ujung hulu sampai ke titik yang di tinjau (km)

A = luas DAS (km²)

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik yang di tinjau (m)

Koefisien pengaliran (f) tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, vegetasi, luas dan bentuk pengaliran sungai. Sedang besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 11 berikut:

Tabel 11. Koefisien Pengaliran (Sosrodarsono, 2003)

Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien Pengaliran (f)
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75-0,90
Daerah perbukitan	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan semak-semak	0,50-0,75
Tanah daratan yang ditanami	0,45-0,65
Persawahan irigasi	0,70-0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75-0,85
Sungai kecil di daratan	0,45-0,75
Sungainya besar yang setengah dari daerah pengalirannya terdiri dari daratan	0,50-0,75

2. Metode Der Weduwen

Rumus untuk debit banjir rencana metode *Weduwen* luas DAS 100 km² dan

t = 1/6 jam sampai 12 jam adalah sebagai berikut (Alexander, S.Harahap, 2009):

$$Q_t = \dots \cdot q_n \cdot A \dots \dots \dots (38)$$

dimana:

$$= 1 - \frac{4,1}{(\beta q + 7)} \dots \dots \dots (39)$$

$$= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{(120 + A)} \dots \dots \dots (40)$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \left(\frac{67,65}{t+1,45} \right) \dots \dots \dots (41)$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q^{-0,125} \cdot I^{-0,25} \dots \dots \dots (42)$$

Keterangan:

- Q_t = debit banjir rencana (m³/det)
- R_n = curah hujan maksimum (mm/hari)
- = koefisien limpasan
- = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS
- q_n = debit per satuan luas (m³/det km²)
- A = luas daerah pengaliran (km²) sampai 100 km²
- t = lamanya curah hujan (jam)
- L = panjang sungai (km)

I = kemiringan rata-rata sungai (10% bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1L dari batas hulu DAS)

3. Metode *Hasper*

Perhitungan debit banjir menggunakan metode *Hasper* digunakan persamaan sebagai berikut (Alexander, S.Harahap, 2009):

$$Q = k \cdot q \cdot A \dots\dots\dots(43)$$

dimana:

Q = debit banjir periode ulang tertentu

k = koefisien *run off*

= koefisien reduksi

q = intensitas hujan yang diperhitungkan (m³/det/km²)

A = luas DAS (km²)

Koefisien Run Off (k)

$$k = \frac{1 + 0.012 \cdot A^{0.7}}{1 + 0.075 \cdot A^{0.7}} \dots\dots\dots(44)$$

Koefisien Reduksi ()

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3.7 \times 10^{-0.4t}}{t^2 + 15} \times \frac{A^{3/4}}{12} \dots\dots\dots(45)$$

Waktu konsentrasi (t)

$$t = 0.1 L^{0.8} I^{0.3} \dots\dots\dots(46)$$

dimana:

t = waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai (Km)

I = kemiringan rata-rata sungai

Intensitas Hujan

- Untuk t < 2 jam

$$Rt = \frac{tR24}{t + 1 - 0.0008 \cdot (260 - R24)(2 - t)^2} \dots\dots\dots(47)$$

- Untuk 2 jam $t = 19$ jam

$$R_t = \frac{tR_{24}}{t+1} \dots\dots\dots(48)$$

- Untuk 19 jam $t = 30$ jam

$$R_t = 0.707R_{24}\sqrt{t+1} \dots\dots\dots(49)$$

dimana t dalam jam dan R_t , R_{24} (mm)

Hujan maksimum

$$q_n = \frac{R_n}{3,6 \cdot t} \dots\dots\dots(50)$$

dimana:

t = waktu konsentrasi (jam)

R_n = curah hujan maksimum (mm/hari)

q_n = debit persatuan luas ($m^3/det.km^2$)

G. Pengertian Angkutan Sedimen

Sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material fragmentasi oleh air. Sedimentasi merupakan akibat adanya erosi, dan memberi banyak dampak di sungai, saluran, waduk, bendungan atau pintu-pintu air, dan di sepanjang sungai (CD.Soemarto, 1987).

H. Angkutan Sedimen Di Sungai

Angkutan sedimen terjadi dengan 2 cara sebagai berikut (mardjiko, 1985) :

1. Muatan Dasar (*Bed Load Transport*)

Muatan dasar (*Bed Load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar keadaannya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar sungai selalu terjadi proses degradasi dan aggradasi yang disebut sebagai “alterasi dasar sungai”.

2. Muatan Layang (*Suspended Load Transport*)

Muatan layang (*suspended load*) yaitu partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus menerus melayang bersama aliran. Ukuran partikelnya lebih kecil dari 0,1 mm.

Menurut asal (*origin*) dapat dibedakan sebagai berikut (Mardjikoén, 1985) :

a. *Bed material transport*

Asal bahan yang ditranspor ada di dasar sungai, artinya transpornya ditentukan oleh keadaan dasar dan aliran dapat berupa bed load dan suspended load.

b. *Wash load* (Einstein)

Bahan yang diangkut tidak, atau untuk sebagian kecil berasal dari dasar sungai setempat. Bahan transpor berasal dari sumber luar (erosi) dan tidak mempunyai hubungan langsung dengan kondisi lokal. Material hanya dapat berupa *suspended load*. Biasanya halus sekali, $d < 0,05$ mm (*silt, clay, colloids*) dan berlindung di antara butir-butir yang lebih besar serta tidak mempengaruhi perubahan konfigurasi dasar sungai.

I. Hitungan Transpor Sedimen

Dalam proyek akhir ini, perhitungan transport sedimen menggunakan metode Meyer-Peter-Muller yaitu sebagai berikut (Mardjikoén, 1985):

$$\frac{q_{s \times l}^{\frac{2}{3}}}{d} = a + b \frac{\tau_b^{\frac{2}{3}}}{d} \dots\dots\dots(51)$$

Dimana :

- q = debit tiap satuan lebar tiap satuan waktu yang menentukan *bed load* $T_b \cdot \frac{kg \cdot f}{m \cdot det}$
 T_b = intensitas *bed load*
 ρ_w = rapat massa air
 d = diameter butir
 I = kemiringan garis energi
 a, b = koefisien

kemiringan garis energi akibat gesekan butiran I' sebagai fungsi sebagai berikut :

$$\mu = \frac{I'}{I} = \left(\frac{k_s}{k_s'} \right)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(52)$$

Dimana :

- k_s = koefisien kekasaran *Strickler*
 k_s' = akibat butiran (*grain*)

untuk *bed load* rumus *MPM* adalah sebagai berikut :

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \times \left(\frac{k_s}{k_s'} \right)^{\frac{3}{2}} h l = 0,047 \gamma_s - \gamma_w \times d_m + 0,25 \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \times (T_b')^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(53)$$

Dimana :

- γ_w = Bj air (t/m^3)
 $\frac{Q_s}{Q} \frac{R}{h}$ = faktor koreksi berhubung tampang saluran
 $\frac{Q_s}{Q}$ = 1 untuk b=
 $\left(\frac{k_s}{k_s'} \right)^{\frac{3}{2}}$ = μ = *ripple faktor* ; $k_s = \frac{26}{d_{90}} (m^{\frac{1}{3}}/det$
 d_m = diamter median d_{50-60}
 γ_s = Bj sedimen (t/m^3)
 T_b' = berat sedimen dalam air tiap satuan lebar tiap satuan Waktu ($t/m \cdot det$)

$$\text{Volume sedimen (padat)} = \frac{T_b'}{\gamma_s - \gamma_w} \quad (m^3/m \cdot det)$$

BAB III

LANGKAH PENGAMATAN

A. Cara Pengamatan

Metode yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah mengamati atau mengukur sampel (*sample*) yang dapat mewakili populasi (*population*) yang diteliti. Misalnya untuk mengetahui jumlah total dari debit yang mengalir dari suatu pos duga air dalam satu tahun adalah tidak mungkin dilaksanakan dengan mengukur debit setiap saat selama satu tahun, akan tetapi dengan melakukan pengamatan tinggi muka air dalam satu tahun dengan menggunakan alat duga air otomatis dan melakukan pengukuran debit secara periodik, misal satu kali setiap 15 hari, dan kemudian melakukan pengolahan data dengan prosedur yang ditentukan sehingga debit dalam satu tahun dapat dihitung. Dari uraian tersebut maka yang disebut dengan sampel (*sample*) adalah satu set pengamatan/pengukuran, sedangkan populasi (*population*) adalah keseluruhan pengamatan/pengukuran dari suatu variabel tertentu. Atau dengan kata lain sampel adalah suatu himpunan bagian keseluruhan pengamatan variabel yang menjadi obyek penelitian.

Dalam analisis hidrologi pemilihan sampel yang sering dilakukan (Soewarno, 1995) adalah pemilihan acak dalam artian mempunyai peluang yang sama untuk dipilih dan bebas disamping itu sampel harus diambil dari populasi yang sama jenis (*homogen*) dikarenakan untuk mendapatkan sampel yang dapat mewakili karakteristik populasi, sehingga kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

B. Metode Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan terbagi menjadi tiga bagian sebagai berikut:

1. Metode observasi dan penelitian

Metode Observasi dilakukan dengan mengamati langsung kondisi di sekitar Kali Krasak dan mengambil sampel pasir sebanyak 1kg untuk dilakukan uji gradasi butiran dan berat jenis di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Yogyakarta.

2. Metode *interview*

Wawancara dengan beberapa penambang yang berada di daerah Kuwu'an, seperti berapa volume truk, berapa persen pasir dan batu yang ditambang berapa penghasilan yang diperoleh, berapa pajak untuk pemda dan lahan kampung, dan darimana daerah asal truk yang mengangkut pasir.

3. Metode dokumentasi

Metode dokumentasi merupakan metode yang digunakan dalam penelitian dalam bentuk foto dan catatan hasil wawancara di lapangan.

C. Tempat

1. Lokasi

Lokasi penelitian yaitu di sekitar Kali Krasak daerah Kuwu'an, Tempel, Sleman.

2. Pengujian

Pengujian gradasi butiran yang telah diambil sampelnya disekitar Kali Krasak tepatnya di daerah Kuwu'an, Tempel, Sleman yaitu di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

D. Bahan dan Alat

Untuk melakukan uji gradasi butiran diperlukan alat dan bahan sebagai berikut :

1. Bahan

- Pasir krasak



Gambar 3. pasir krasak

2. Alat

- Gelas ukur



Gambar 4. gelas ukur

- Timbangan



Gambar 5. Timbangan 1

- Piring



Gambar 6. piring

- Ayakan

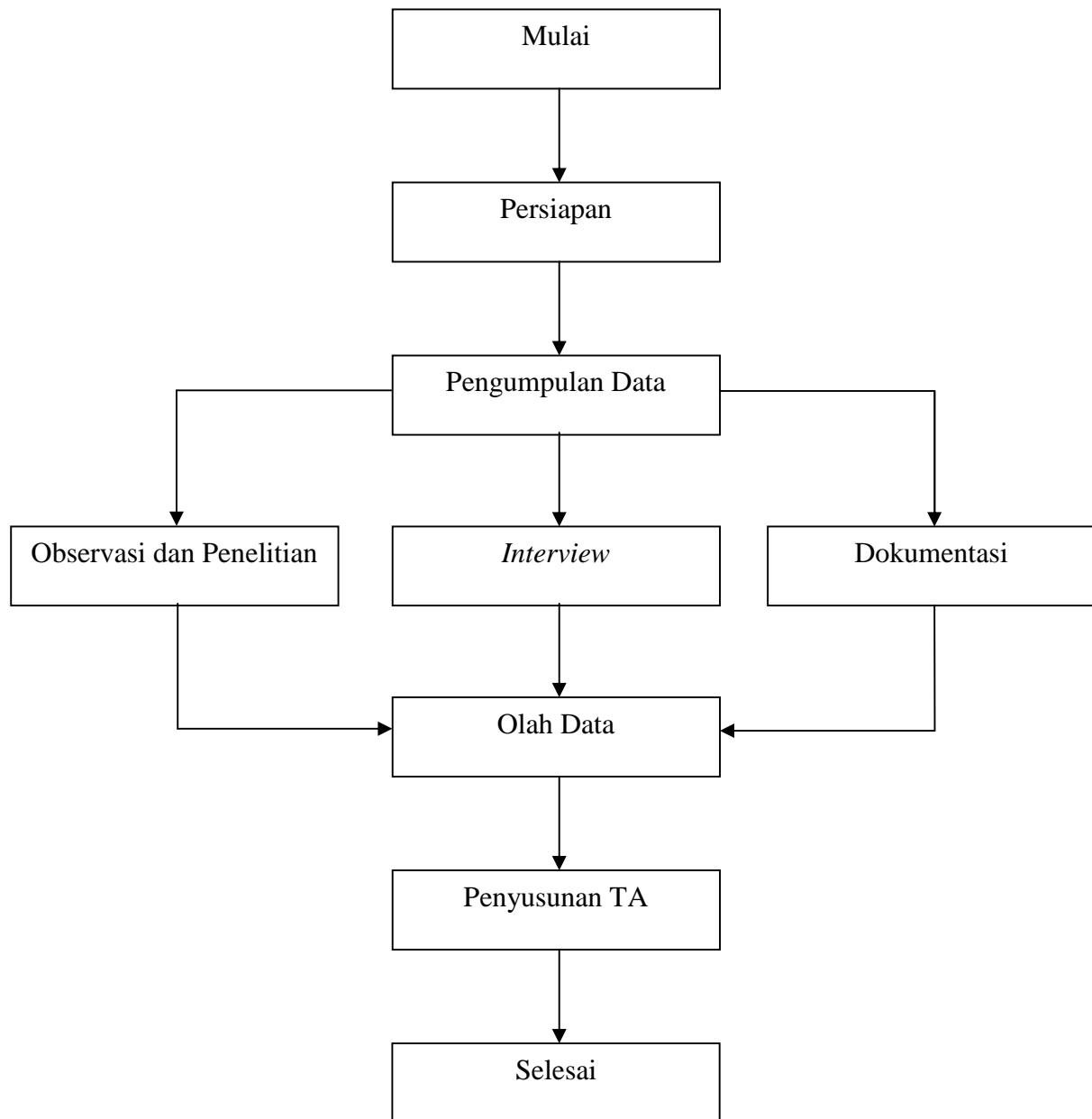


Gambar 7. ayakan

E. Data Penunjang

Data penunjang penyusunan Proyek Akhir ini merupakan data yang sebagian besar diperoleh dari DPU SUMBER DAYA AIR D.I Yogyakarta.

F. Alur Penyusunan Tugas Akhir



Gambar 8. Bagan alur Penyusunan Tugas Akhir

BAB IV

ANALISIS HIDROLOGI

A. Analisis Hidrologi

Dasar untuk analisis keairan adalah banjir rencana (design flood). Design flood merupakan debit banjir rencana di sungai atau saluran ilmiah dengan periode ulang tertentu misalnya 2, 5, 10, 20, 50, 100 tahun yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar.

Ada beberapa cara untuk mendapatkan debit banjir rencana antara lain yaitu :

- a. Menganalisis debit banjir di sungai dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan yang mencakup fluktuasi setiap hari.
- b. Menganalisis data hujan maksimum pada daerah aliran sungai atau stasiun pengamat terdekat dengan mengubahnya menjadi intensitas hujan untuk menghitung debit banjir rencana.

Dalam tugas akhir ini, untuk mendapatkan debit rencana dipakai analisis data curah hujan maksimum yang turun pada daerah aliran sungai.

B. Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)

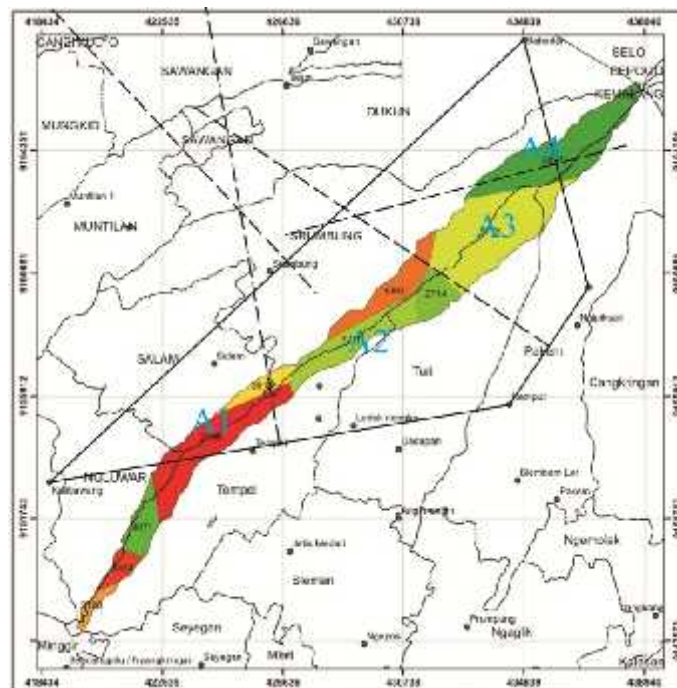
Adapun jumlah stasiun yang masuk di lokasi DAS Kali Krasak berjumlah 4 buah stasiun yaitu stasiun Kalibawang, stasiun Kemput, dan stasiun Plunyon serta Babadan. Penentuan luas pengaruh stasiun hujan dengan metode *Thiessen* karena metode ini cocok dengan kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 12 sebagai berikut :

Tabel 12. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS

NO	NAMA STA	LUAS (km ²)	BOBOT
1	Kalibawang	11,20	12,094%
2	Kemput	33,94	36,643%
3	Plunyon	34,34	37,077%
4	Babadan	13,14	14,186%
		92,61	100%

(sumber: perhitungan)

Gambar 9. Luas Das Dengan Poligon *Thiessen*

Keterangan :

- A1 = Luasan DAS akibat pengaruh STA Kalibawang sebesar
11,20Km²
- A2 = Luasan DAS akibat pengaruh STA Kempus sebesar
33,94 Km²
- A3 =Luasan DAS akibat pengaruh STA Plunyon sebesar
34,34Km²

A4 =Luasan DAS akibat pengaruh STA Plunyon sebesar
13,14Km²

C. Data Curah Hujan Maksimum

Tabel 13.STA Kalibawang

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	jan	feb	mar	apr	Mei	Jun	jul	agt	Sep	okt	nop	des	mm	mm
2003	75	67	0	0	0	10	3	0	0	9,5	80	111	355	111
2004	0	0	115	14	35,5	30	0	0	0	50	68,8	39,5	352,8	115
2005	48	39	41	47,5	0	10	9	2	13,5	36	48,5	46	340,5	49
2006	56	103	48,5	66	42	5,5	0	2	13,5	0	0	61,5	397,7	103
2007	59	63	42,5	55	34,5	13	0	1,5	0	30	48	41	387,5	63
2008	73	68,5	29,5	49	15,5	0	0	1,5	0	61,5	80,5	22	400,5	81
2009	60	37,7	34,5	19	54	29	0	0	0	5	92,5	14,7	345,9	93
2010	29	76	21,8	16,4	3	46,3	15,7	10,2	72,4	43,6	27,6	67,5	429,3	76
2011	15	32,6	37,3	41,7	35,4	0	0	0	0	17,7	71,3	39,2	290,5	71
2012	177	44,8	48,4	29,2	50,7	0	0	0	0	36,6	68,3	121,6	577,3	178

Tabel 14.STA Kempot

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	jan	feb	mar	apr	Mei	Jun	jul	agt	Sep	okt	nop	des	mm	mm
2003	83	83	77	33	92	9	0	0	4	15	54	63	513	92
2004	124	60	80	23	43	10	13	5	0	20	50	90	518	124
2005	68	162	102	44	0	k	K	k	k	k	k	k	376	162
2006	69	62	69	148	46	80	8	0	0	0	31	110	623	148
2007	68	80	60	94	34	34	0	0	31	14,5	54	91	560,5	94
2008	71	68	188	93	88	13	0	2	13	27	70	58	691	188
2009	83	49	73	55	42	36	2	0	4	33	83	54	514	83
2010	89	66	102	58,5	87	49	48,5	51	124	40,5	85	0	800,5	124
2011	k	k	k	k	K	k	K	k	k	k	k	k	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	26,9	71,3	103,7	71

Tabel 15.STA Plunyon

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	jan	Feb	mar	apr	mei	jun	jul	agt	sep	okt	nop	des	mm	mm
2003	72	110	75	40	74	7	0	0	0	68	88	109	643	110
2004	135	39,5	58,5	47,5	93	9,5	6,5	0	14	14,8	89	72	579,3	135
2005	56	97	58	100	24	50	50,5	37	49	26	59	73	679,5	100
2006	65	116	37,5	138	73	19,5	8	0	35	35	21	155	703	155
2007	45,5	75	83	84	36,5	68	7,5	0	5	60	87	86	637,5	87
2008	90	98	105	50	29	17	2	1,5	13	59	72	44	580,5	105
2009	26	60	100	65	65	66	2	0	0	23	72	110	589	110
2010	66	70	120	159	85	53	38	0	112	k	k	k	703	159
2011	0	72	36	115	69	0	44,4	7,7	60	4,5	86	107	601,6	115
2012	0	48	33	0	45,3	62,5	0	0	1,3	74,5	90,5	121,4	476,5	121

Tabel 16.STA Babadan

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	jan	Feb	mar	apr	Mei	Jun	jul	agt	sep	okt	nop	des	mm	mm
2003	k	k	k	k	K	K	k	k	k	k	k	k	0	0
2004	k	k	k	k	K	K	k	k	k	k	k	k	0	0
2005	k	k	k	k	K	K	k	k	k	k	k	k	0	0
2006	k	k	k	k	K	K	k	k	k	k	k	k	0	0
2007	40	137	84	75	27	29	20	2	1	45	46	109	615,0	137
2008	k	k	k	k	K	K	K	k	k	k	k	K	0	0
2009	k	k	k	k	K	K	K	k	k	k	k	K	0	0
2010	34	0	0	140,5	85,5	39,5	57,5	0	0	84,5	0	0	441,5	141
2011	k	k	k	k	K	K	K	k	k	k	k	k	0	0
2012	55	82	66	65	31	103	1	0	0	23	51	93	570,0	103

D. Analisis Data Curah Hujan yang Hilang

Dari ringkasan data curah hujan diatas terlihat stasiun Babadan, Plunyon dan

Kemput terdapat data yang hilang. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak

digunakan data dari stasiun terdekat. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus *inversed square distance* (Harto, 1993) :

$$R_x = \frac{\frac{1}{(dXA)^2} R_A + \frac{1}{(dXB)^2} R_B + \dots + \frac{1}{(dXN)^2} R_N}{\frac{1}{(dXA)^2} + \frac{1}{(dXB)^2} + \dots + \frac{1}{(dXCN)^2}}$$

Dimana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)
 $R_A, R_B, \dots, \text{ dan } R_N$ = Curah hujan stasiun A, B, ..., dan N (mm)
 $dXA, dXB, \dots, \text{ dan } dXCN$ = Jarak stasiun yang dicari (km)

Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang :

1. Untuk stasiun Babadan pada bulan Januari tahun 2003, dipakai Stasiun

Plunyon dan stasiun Kemput sebagai referensi

Diketahui :

- Data curah hujan Sta. Plunyon bulan Januari 2003 = 72 mm
- Data curah hujan Sta. Kemput bulan Januari 2003 = 83 mm
- Jarak Sta. Babadan – Sta. Plunyon = 16,81 km
- Jarak Sta. Babadan – Sta. Kemput = 24,13 km

$$R_{Jan'03} = \frac{\frac{1}{(16,81)^2} * 72 + \frac{1}{(24,13)^2} * 83}{\frac{1}{(16,81)^2} + \frac{1}{(24,13)^2}}$$

$$= 27,6 \text{ mm}$$

2. Untuk stasiun Plunyon pada bulan Oktober tahun 2010, dipakai Stasiun

Babadan dan stasiun Kemput sebagai referensi

Diketahui :

- Data curah hujan Sta. Babadan bulan Oktober 2010 = 84,5 mm

- Data curah hujan Sta. Kemptut bulan Oktober 2010 = 40,5 mm
- Jarak Sta. Plunyon – Sta. Babadan = 16,81 km
- Jarak Sta. Plunyon – Sta. Kemptut = 9,71 km

$$R_{Jan'03} = \frac{\frac{1}{(16,81)^2} * 84,5 + \frac{1}{(9,71)^2} * 40,5}{\frac{1}{(16,81)^2} + \frac{1}{(9,71)^2}}$$

$$= 30,8 \text{ mm}$$

3. Untuk stasiun Kemptut pada bulan Januari tahun 2011, dipakai Stasiun

Plunyon sab stasiun Kalibawang sebagai referensi

Diketahui :

- Data curah hujan Sta. Plunyon bulan Januari 2011 = 0 mm
- Data curah hujan Sta. Kalibawang bulan Januari 2011 = 15,3 mm
- Jarak Sta. Kemptut – Sta. Kalibawang = 30,88 km
- Jarak Sta. Kemptut – Sta. Plunyon = 9,71 km

$$R_{Jan'03} = \frac{\frac{1}{(30,88)^2} * 0 + \frac{1}{(9,71)^2} * 15,3}{\frac{1}{(30,88)^2} + \frac{1}{(9,71)^2}}$$

$$= 0,02 \text{ mm}$$

Hasil Perhitungan analisis data yang hilang ditunjukkan pada tabel 17, 18, dan 19 sebagai berikut :

Tabel 17Hasil Perhitungan Data yang Hilang STA Babadan

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	Jan	feb	mar	apr	mei	Jun	jul	agt	Sep	okt	nop	Des	Mm	mm
2003	27,6	27,7	26	11	31	3	0	0	1	5	18	21	171,2	31
2004	41	20	27	8	14	3	4	2	0	7	17	30	172,6	41
2005	23	54	34	15	0	15	15	11	15	8	18	22	229,5	54
2006	23	21	23	49	15	26	3	0	0	0	10	37	207,6	49
2007	40	137	84	75	27	29	20	2	1	45	46	109	615,0	137
2008	24	23	62	31	29	4	0	1	4	9	23	19	229,6	62
2009	27	16	24	18	14	12	1	0	1	11	28	18	171,3	28
2010	34	0	0	140,5	85,5	39,5	57,5	0	0	84,5	0	0	441,5	141
2011	0,01	21,8	10,9	34,9	20,9	0,00	13,5	2,3	18,2	1,37	26,10	32,46	182,5	35
2012	55	82	66	65	31	103	1	0	0	23	51	93	570,0	103

Tabel 18Hasil Perhitungan Data yang Hilang STA Plunyon

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	Jan	feb	mar	apr	mei	Jun	jul	agt	Sep	okt	nop	des	Mm	mm
2003	72	110	75	40	74	7	0	0	0	68	88	109	643	110
2004	135	39,5	58,5	47,5	93	9,5	6,5	0	14	14,8	89	72	579,3	135
2005	56	97	58	100	24	50	50,5	37	49	26	59	73	679,5	100
2006	65	116	37,5	138	73	19,5	8	0	35	35	21	155	703	155
2007	45,5	75	83	84	36,5	68	7,5	0	5	60	87	86	637,5	87
2008	90	98	105	50	29	17	2	1,5	13	59	72	44	580,5	105
2009	26	60	100	65	65	66	2	0	0	23	72	110	589	110
2010	66	70	120	159	85	53	38	0	112	30,8	63,9	0	797,68	159
2011	0	72	36	115	69	0	44,4	7,7	60	4,5	86	107	601,6	115
2012	0	48	33	0	45,3	62,5	0	0	1,3	74,5	90,5	121,4	476,5	121

Tabel 19 Hasil Perhitungan Data yang Hilang STA Kemptut

Tahun	Bulan dalam setahun												Rh total	Rh max
	Jan	feb	mar	apr	mei	Jun	jul	agt	sep	okt	nop	Des	Mm	mm
2003	83	83	77	33	92	9	0	0	4	15	54	63	513	92
2004	124	60	80	23	43	10	13	5	0	20	50	90	518	124
2005	68	162	102	44	0	45,5	46,0	33,7	44,6	23,7	53,7	66,5	689,7	162
2006	69	62	69	148	46	80	8	0	0	0	31	110	623	148
2007	68	80	60	94	34	34	0	0	31	14,5	54	91	560,5	94
2008	71	68	188	93	88	13	0	2	13	27	70	58	691	188
2009	83	49	73	55	42	36	2	0	4	33	83	54	514	83
2010	89	66	102	58,5	87	49	48,5	51	124	40,5	85	0	800,5	124
2011	0,02	65,6	32,8	104,7	62,8	0,0	40,4	7,0	54,6	4,1	78,3	97,4	547,8	105
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	26,9	71,3	103,7	71

E. Analisis Curah Hujan Area

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada tangkapan (*catchment area*) tersebut, yaitu dengan menganalisis data-data curah hujan maksimum yang didapat dari empat stasiun penakar hujan yaitu stasiun Kalibawang, stasiun Kemptut, stasiun Plunyon dan stasiun Babadan.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 20 sebagai berikut :

Tabel. 20. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Poligon *Thiessen*

Tahun	Curah hujan harian maksimum (mm)				Rh.maks	Rh. Maks rencana (mm)
	Kalibawang	Kemptut	Plunyon	Babadan	(mm)	
	12,094%	36,643%	37,077%	14,186%		
2003	111	92	110	31	92,26	92,26
2004	115	124	135	41	115,26	115,26
2005	49	162	100	54	109,92	109,92
2006	103	148	155	49	131,14	131,14
2007	63	94	87	137	93,76	93,76
2008	81	188	105	62	126,39	126,39

Tahun	Curah hujan harian maksimum (mm)				Rh.maks	Rh. Maks rencana (mm)
	Kalibawang	Kemput	Plunyon	Babadan	(mm)	
	12,094%	36,643%	37,077%	14,186%		
2009	93	83	110	28	86,30	86,30
2010	76	124	159	141	133,51	133,51
2011	71	105	115	35	94,57	94,57
2012	178	71	121,4	103	107,24	107,24

F. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu (Soewarno, 1995). Berdasarkan curah hujan rencana dapat dicari besarnya intensitas hujan (analisis frekuensi) yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

1. Pengukuran Dispersi

Tidak semua dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau kecil dari nilai rata-ratanya. Untuk memudahkan perhitungan dispersi, maka dilakukan perhitungan parameter statistik untuk nilai $(X_i - X)$, $(X_i - X)^2$, $(X_i - X)^3$ dan $(X_i - X)^4$ terlebih dahulu.

dimana: X_i = besarnya curah hujan daerah (mm)
 X = rata-rata curah hujan daerah (mm)

Hasil perhitungan parameter statistik ditunjukkan pada tabel 21 berikut ini:

Tabel 21. Parameter Statistik

TAHUN	RH(mm)	$(X_i - X)$	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$	$(X_i - X)^4$
2003	92,26	-16,78	281,55	-4724,27	79270,69
2004	115,26	6,22	38,75	241,19	1501,34
2005	109,92	0,89	0,79	0,70	0,62
2006	131,14	22,11	488,68	10802,70	238804,76

TAHUN	RH(mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2007	93,76	-15,28	233,46	-3567,24	54505,78
2008	126,39	17,36	301,24	5228,51	90748,10
2009	86,30	-22,74	516,94	-11753,17	267222,67
2010	133,51	24,48	599,14	14665,49	358973,18
2011	94,57	-14,46	209,12	-3024,10	43731,55
2012	107,24	-1,79	3,22	-5,78	10,38
Jumlah	1090,35	0,00	2672,89	7864,03	1134769,06
Rerata	109,04				

Berikut ini adalah macam pengukuran dispersi, antara lain sebagai berikut:

a. Deviasi Standar

Perhitungan deviasi standar adalah sebagai berikut:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^2}{n-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2672,89}{9}} = 17,233$$

b. Koefisien Skewness

Perhitungan koefisien skewness adalah sebagai berikut:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

$$C_s = \frac{10 \times (7864,03)}{9 \times 8 \times (17,233)^3} = 0,21$$

c. Perhitungan Kurtosis (C_k)

Perhitungan kurtosis adalah sebagai berikut:

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4}$$

$$C_k = \frac{10^2 \times 1134769,06}{9 \times 8 \times 7 \times (17,233)^4} = 2,6$$

d. Koefisien Variasi (Cv)

Perhitungan Koefisien Variasi sebagai berikut:

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{17,233}{109,04} = 0,16$$

2. Pemilihan Jenis Sebaran

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi, diantaranya yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah sebagai berikut:

- 1) Distribusi normal
- 2) Distribusi Log normal
- 3) Distribusi Gumbel
- 4) Distribusi Log Pearson tipe III

Tabel pemilihan jenis sebaran dapat dilihat pada tabel 22 untuk data log sebagai berikut :

Tabel 22. Pemilihan Jenis Sebaran

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hitungan	Keterangan	
1	Distribusi Normal	$C_s \approx 0$	17,233	$C_s = 17,233 \neq 0$	
		$C_k \approx 3$		X	
2	Distribusi Log normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^3$	0,478108	$C_s = 0,21 \approx 0,478108$	Mendekati
		$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	3,409147	$C_k = 2,6 \approx 3,409147$	
3	Distribusi Gumbel			O	
		$C_s < 1,1396$	0,21	$C_s = 0,21 < 1,1396$	Mendekati
		$C_k < 5,4002$	2,6	$C_k = 2,6 < 5,4002$	
4	Distribusi Log pearson			O	Dipilih
		selain dari nilai diatas	0,213	$C_s = 0,213$	Mendekati

Berdasarkan kriteria-kriteria diatas, maka dipilih distribusi Gumbel

- **Perhitungan untuk distribusi Gumbel**

Berikut ini adalah macam Perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n}(Y_T - Y_n)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^2}{n-1}}$$

$$= \frac{\sqrt{2672,89}}{9} = 17,233$$

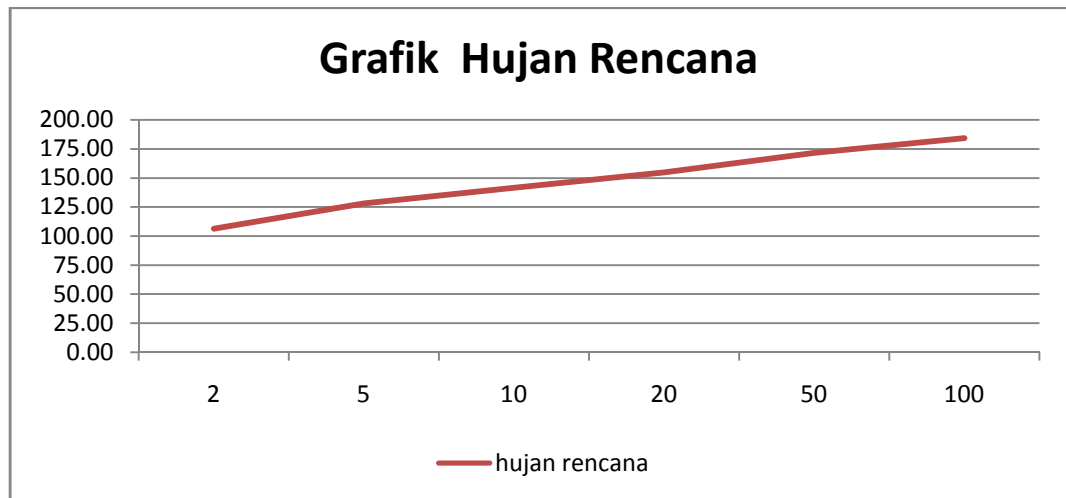
$S_n = 0,9496$, $Y_n = 0,4952$, Y_t pada tabel 23

Tabel 23. *Reduced Variate* (Y_t)

Y	T
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
50	3,9019
100	4,6001

Tabel 24. Curah Hujan Rencana Untuk T tahun

Periode ulang	Hujan Rencana (mm)
$X_{2\text{tahun}}$	106,26
$X_{5\text{tahun}}$	127,92
$X_{10\text{tahun}}$	141,54
$X_{20\text{tahun}}$	154,60
$X_{50\text{tahun}}$	171,51
$X_{100\text{tahun}}$	184,18



Gambar 10. Grafik Curah Hujan rencana

3. Uji Kecocokan Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran digunakan untuk menguji apakah sebaran dari data yang ada memenuhi syarat untuk digunakan sebagai data perhitungan.

Dalam tugas akhir ini digunakan pengujian kecocokan sebaran dengan metode uji chi-kuadrat sebagai berikut:

$$\chi^2_h = \sum_{j=1}^G \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

dimana:

- χ^2_h = parameter chi-kuadrat
- G = jumlah sub kelompok
- O = jumlah nilai pengamatan pada sub- kelompok ke-1
- E_1 = jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke-1

Perhitungan:

$$K = 1 + 3,3322 \log n$$

$$= 1 + 3,3322 \log 10$$

$$= 4,32 \quad \text{diambil } 5$$

$$dk = K - (P+1) \text{ untuk uji Chi-Kuadrat besarnya } P=2$$

$$dk = 5 - (2+1)$$

$$dk = 2$$

$$E_1 = \frac{n}{K} = \frac{10}{5} = 2$$

O_i = data yang diamati

$$x = \frac{(X_{maks} - X_{min})}{K - 1} = \frac{(133,51 - 86,30)}{4} = 11,8$$

$$X_{awal} = (X_{min} - \frac{1}{2} x) = (86,30 - \frac{1}{2} 11,8) = 80,4$$

Hasil perhitungan uji chi-kuadrat dapat dilihat pada tabel 25 sebagai berikut:

Tabel 25. Perhitungan Chi Kuadrat

No	Kemungkinan	Jumlah data		O _i -E _i	(O _i -E _i) ² /E _i
		O _i	E _i		
1	80,4 < x < 92,2	1	2	-1	0,5
2	92,2 < x < 104,0	3	2	1	0,5
3	104,0 < x < 115,8	3	2	1	0,5
4	115,8 < x < 127,6	1	2	-1	0,5
5	127,6 < x < 139,4	2	2	0	0
	Jumlah	10	10		2

Dari tabel diatas, dengan nilai chi-kuadrat = 2 untuk dk = 2. Dari tabel chi-kuadrat didapat derajat kebebasan () = 5,991 maka hipotesa yang dapat di uji dapat diterima $2 < 5,991$

G. Debit Banjir Rencana

Analisa debit banjir rencana dihitung menggunakan rumus rumus sebagai berikut:

1. Metode Rasional

Perhitungan metode rasional menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} f \cdot r \cdot A$$

Dimana:

Q = debit banjir rencana (m^3 / det)

f = koefisien pengaliran

r = intensitas hujan selama t jam (mm / jam)

$$r = \frac{R_{24}}{24} \frac{24}{T}^{\frac{2}{3}}$$

R_{24} = curah hujan harian (mm)

$$t = \frac{L}{W}$$

T = waktu tiba banjir (jam)

$$W = 20 \frac{H}{l}^{0,6} \text{ (m/det) atau } 72 \frac{H}{L}^{0,6} \text{ (km/det)}$$

W = kecepatan tiba dari banjir (m/det atau km/jam)

L = jarak dari ujung hulu sampai ke titik yang di tinjau (km)

A = luas DAS (km^2)

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik yang di tinjau (m)

Dari data yang diperoleh:

$$A = 92,61 km^2$$

$$L = 39,5 \text{ km}$$

$$l = 0,062$$

$$R_t = 106,26 \text{ mm}$$

$$f = 0,75 \text{ (untuk daerah perbukitan)}$$

$$H = 2431 \text{ m} = 2,431 \text{ km}$$

$$R_{24} \text{ untuk periode ulang 2 tahun } 106,26 \text{ mm}$$

Perhitungan kecepatan tiba dari banjir (W) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$W = 72 \frac{H}{l}^{0,6} \text{ (km/jam)}$$

$$= 72 \frac{2,431}{0,062}^{0,6} = 13,52 \text{ km/jam}$$

Perhitungan waktu tiba banjir (T) dapat ditentukan dengan persamaan

berikut:

$$T = \frac{L}{W}$$

$$= \frac{39,5}{13,52} = 2,92 \text{ jam}$$

Perhitungan intensitas hujan (r) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

$$= \frac{106,26}{24} \left(\frac{24}{2,92} \right)^{2/3}$$

$$= 18,026 \text{ mm/jam}$$

Sehingga untuk perhitungan debit banjir rencana (Q) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} f \cdot r \cdot A$$

$$= \frac{1}{3,6} 0,75 \times 18,026 \times 92,61 = 347,80 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil untuk perhitungan debit banjir rencana dengan metode rasional ditunjukkan pada tabel 26 sebagai berikut:

Tabel 26. Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Rasional

T	A	R	L	H	W	T	r	Q
Tahun	km ²	mm	km	Km	km/ jam	jam	mm/jam	m ³ /det
2	92,61	106,26	39,5	2,431	13,52	2,92	18,026	347,80
5	92,61	127,92	39,5	2,431	13,52	2,92	18,026	418,68
10	92,61	141,54	39,5	2,431	13,52	2,92	18,026	463,26
20	92,61	154,60	39,5	2,431	13,52	2,92	18,026	506,02
50	92,61	171,51	39,5	2,431	13,52	2,92	18,026	561,36
100	92,61	184,84	39,5	2,431	13,52	2,92	18,026	602,83

2. Metode Weduwen

Perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan metode weduwen digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_t = \dots \cdot q_n \cdot A$$

Dimana:

$$= 1 - \frac{4,1}{(\beta q + 7)}$$

$$= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{(120 + A)}$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \left(\frac{67,65}{t+1,45} \right)$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q^{-0,125} \cdot I^{-0,25}$$

dimana:

Q_t = debit banjir rencana (m^3/det)

R_n = curah hujan maksimum (mm/hari)

= koefisien limpasan

= koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS

q_n = debit per satuan luas ($m^3/det \text{ km}^2$)

A = luas daerah pengaliran (km^2) sampai 100 km^2

t = lamanya curah hujan (jam)

L = panjang sungai (km)

I = kemiringan rata-rata sungai (10% bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1L dari batas hulu DAS).

Dari data yang diperoleh:

$$A = 92,61 \text{ km}^2$$

$$L = 39,5 \text{ km}$$

$$I = 0,062$$

$$R_t = 106,26 \text{ mm}$$

Debit (Q) yang digunakan untuk menghitung lamanya curah hujan (t) menggunakan debit perkiraan dari hasil perhitungan metode rasional.

$$\text{Debit (Q) pada periode ulang 2 tahun} = 347,80 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Sehingga perhitungan lamanya curah hujan (t) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t &= 0,25 \times L \times Q^{-0,125} \times I^{0,25} \\ &= 0,25 \times 39,5 \times 347,80^{-0,125} \times 0,062^{0,25} \\ &= 9,54 \text{ jam} \end{aligned}$$

Perhitungan debit banjir (q_n) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_n &= \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{(t+1,45)} \\ &= \frac{106,26}{240} \times \frac{67,65}{(9,54+1,45)} \\ &= 2,73 \text{ m}^3/\text{det.km}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien pengurangan daerah () dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{(120+A)} \\ &= \frac{120 + \frac{2,73+1}{2,73+9} \times 92,61}{(120+92,61)} \\ &= 0,812 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien limpasan hujan () dapat ditentukan dengan

persamaan sebagai berikut:

$$= 1 - \frac{4,1}{(\beta q + 7)}$$

$$= 1 - \frac{4,1}{0,812 \times 2,73 + 7} = 0,56$$

Sehingga perhitungan debit banjir rencana (Q) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_t = \alpha \cdot q_n \cdot A$$

$$= 0,56 \times 0,812 \times 2,73 \times 92,61$$

$$= 113,7737 \text{ m}^3/\text{det}$$

Hasil perhitungan debit banjir rencana dengan metode weduwen ditunjukkan pada tabel 27 sebagai berikut :

Tabel 27. Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Weduwen

T	A	L	I	Rt	t	B	q _n	α	Q
Tahun	km ²	km		Mm	jam		m ³ /mm/det		m ³ /det
2	92,61	39,5	0,062	106,26	9,54	0,812	2,73	0,56	113,77
5	92,61	39,5	0,062	127,92	9,32	0,810	3,35	0,58	145,08
10	92,61	39,5	0,062	141,54	9,20	0,809	3,75	0,60	168,59
20	92,61	39,5	0,062	154,60	9,10	0,807	4,13	0,61	189,32
50	92,61	39,5	0,062	171,51	8,98	0,806	4,63	0,63	217,05
100	92,61	39,5	0,062	184,84	8,90	0,805	5,01	0,64	238,45

3. Metode Hasper

Perhitungan debit banjir menggunakan metode hasper digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = k \cdot q \cdot A$$

Dimana:

Q = debit banjir periode ulang tertentu
k = koefisien *run off*

$$\begin{aligned}
 &= \text{koefisien reduksi} \\
 q &= \text{intensitas hujan yang diperhitungkan (m}^3/\text{det/km}^2) \\
 A &= \text{luas DAS (km}^2)
 \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh:

$$A = 92,61 \text{ km}^2$$

$$L = 39,5 \text{ km}$$

$$l = 0,062$$

$$Rt = 106,06 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien run off (k)} &= \frac{1+0,012.A^{0,7}}{1+0,75.A^{0,7}} \\
 &= \frac{1+0,012.92,61^{0,7}}{1+0,75.92,61^{0,7}} \\
 &= 1,015151
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Konsentrasi (t)} &= 0,1 \times L^{0,8} \times l^{-0,3} \\
 &= 0,1 \times 39,5^{0,8} \times 0,062^{-0,3} = 4,37 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien Reduksi (} \beta \text{)} &= \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+3,7 \times 10^{-0,45}t}{(t^2+1)} \times \frac{A^{0,75}}{12} \\
 &= 1 + \frac{4,37+3,7 \times 10^{-0,45} \times 4,37}{(4,37^2+1)} \times \frac{92,61^{0,75}}{12} \\
 &= 0,084
 \end{aligned}$$

Perhitungan distribusi hujan (r) untuk $t < 2$ jam dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{t \times Rt}{t+1-0,0008 \times (260-Rt) \times (2-t)^2} \\
 &= \frac{4,37 \times 106,26}{4,37+1-0,0008 \times (260-106,26) \times (2-4,37)^2}
 \end{aligned}$$

$$= 99,24 \text{ mm/hari}$$

$$q = \frac{r}{(3,6 \times t)}$$

$$= \frac{99,24}{(3 \times 4,37)} = 6,308$$

perhitungan debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

$$Q_2 = k. q.A$$

$$Q_2 = 1,015151 \times 0,084 \times 6,3 \times 9$$

$$= 49,95 \text{ m}^3/\text{det}$$

Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 28 sebagai berikut :

Tabel 28. Perhitungan Debit Rencana dengan Metode Hasper

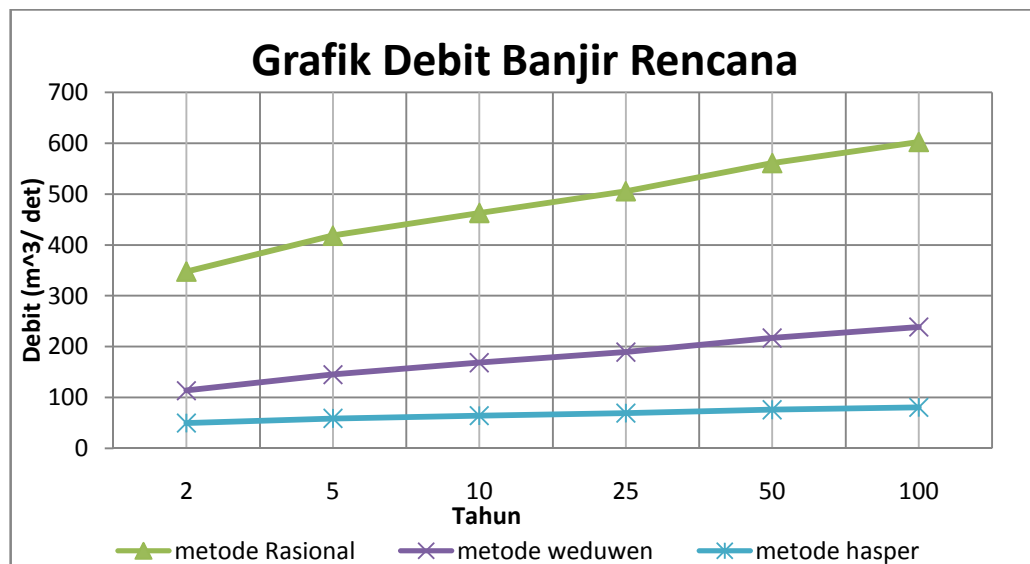
no	Periode Ulang	Q
	Tahun	m ³ / det
1	2	49,95
2	5	58,90
3	10	64,35
4	20	69,44
5	50	75,86
6	100	80,54

Sehingga hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan metode rasional, metode weduwen, dan metode hasper dapat dirangkum didalam tabel 29 sebagai berikut :

Tabel 29. Rangkuman Perhitungan Debit Banjir Rencana

Tahun	Rt	Q		
		Metode Rasional	Metode weduwen	Metodehasper
tahun	mm	m ³ / det	m ³ / det	m ³ / det
2	106,26	347,80	113,77	49,95
5	127,92	418,68	145,08	58,90
10	141,54	463,26	168,59	64,35
20	154,60	506,02	189,32	69,44

Tahun	Rt	Q		
		Metode Rasional	Metode weduwen	Metodehasper
50	171,51	561,36	217,05	75,86
100	184,18	602,83	238,45	80,54



Gambar 11. Grafik Debit Banjir Rencana

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan hasil perhitungan antara metode rasional, metode weduwen, dan metode hasper.

Oleh karena itu berdasarkan pertimbangan dari segi ketidakpastian hasil besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah tersebut, maka ditetapkan bahwa debit banjir rencana yang digunakan adalah debit banjir dengan periode ulang 5 tahun yang diambil dari perhitungan menggunakan metode rasional yaitu sebesar $418,68 \text{ m}^3/\text{det}$.

H. Perhitungan Transport Sedimen

Dari hasil pengumpulan data yang dilakukan di lapangan, diketahui data sebagai berikut :

- Lebar sungai = 55 m
- Kedalaman air = 1,5 m
- Debit banjir = 418,68 m³/det (untuk periode ulang 5 tahun)
- Luas = 33,94 km²
- t = 20°C
- w = 1000 kg/m³
- s = 2690 kg/m³
- g = 9,8 m/det²
- I = 0,062

- Dari data yang diperoleh didapat diameter butiran untuk

$$d_{35} = 0,22 \text{ mm}$$

$$d_{50} = 0,28 \text{ mm}$$

$$d_{65} = 0,38 \text{ mm}$$

$$d_{90} = 2,8 \text{ mm}$$

dari data yang telah diketahui diatas, maka banyaknya angkutan sedimen dasar dengan menggunakan metode Meyer-Peter-Muller dalam persamaan sebagai berikut:

$$w \frac{Q_s}{Q} h \left[\frac{k}{k} \right]^{3/2} I = 0,047 (w - s) d_{50} + 0,25 \left(\frac{w}{g} \right)^{2/3} (Tb')^{2/3}$$

Dengan:

$$U = \frac{Q}{A}$$

Dimana : U = Kecepatan Aliran (m/det)

$$Q = \text{Debit Banjir Rencana (m}^3/\text{det)}$$

$$A = \text{Luas DAS (km}^2\text{)}$$

Sehingga besarnya U adalah sebagai berikut:

$$U = \frac{418,68}{33,94} = 12,34 \text{ m/det}$$

karena sungai lebar $R = H$

$$1,5 = 5,75 \times U^* \times \log\left(\frac{33(1,5)}{k}\right) = 12,34 \text{ m/det}$$

Sehingga dari persamaan diatas didapatkan $k = 0,280$

$$U^* = \frac{g x h x l}{9,8 \times 1,5 \times 0,062} = 0,95 \text{ m/det.}$$

Untuk mendapatkan nilai C, adalah sebagai berikut:

$$C = 18 \log \frac{12 R}{k}$$

$$= 18 \log \frac{12 \times 1,5}{0,280} = 32,56 \text{ m}^{1/2}/\text{det.}$$

Untuk mendapatkan nilai Cd_{90} , adalah sebagai berikut:

$$Cd_{90} = 18 \log \frac{12 R}{d_{90}}$$

$$= 18 \log \frac{12 \times 1,5}{0,0028} = 68,54 \text{ m}^{1/2}/\text{det.}$$

Untuk mendapatkan nilai μ , ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mu = \left(\frac{C}{Cd_{90}} \right)^{3/2}$$

$$= \left(\frac{32,56}{68,54} \right)^{3/2} = 0,33$$

Selanjutnya hasil dari persamaan-persamaan diatas dimasukan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$\frac{Q_s}{Q} h \left[\frac{R}{r} \right]^{3/2} I = 0,047 (w_s - w) d_{50} + 0,25 \left(\frac{w}{g} \right)^{1/3} (Tb')^{2/3}$$

$$1 \times 1 \times 1,5 \times 0,33 \times 0,062 = 0,047 (2,69 - 1) 0,00028 + 0,25 \left(\frac{1}{9,8} \right)^{1/3} (Tb')^{2/3}$$

$$0,030441 = 0,000022 + 0,11 (Tb')^{2/3}$$

$$Tb' = 0,127708 \text{ t/m.det (dalam air)}$$

$$\text{Atau volum } Tb' = \frac{0,127708}{1,69} = 0,075567 \text{ m}^3/\text{m.det. (solid)}$$

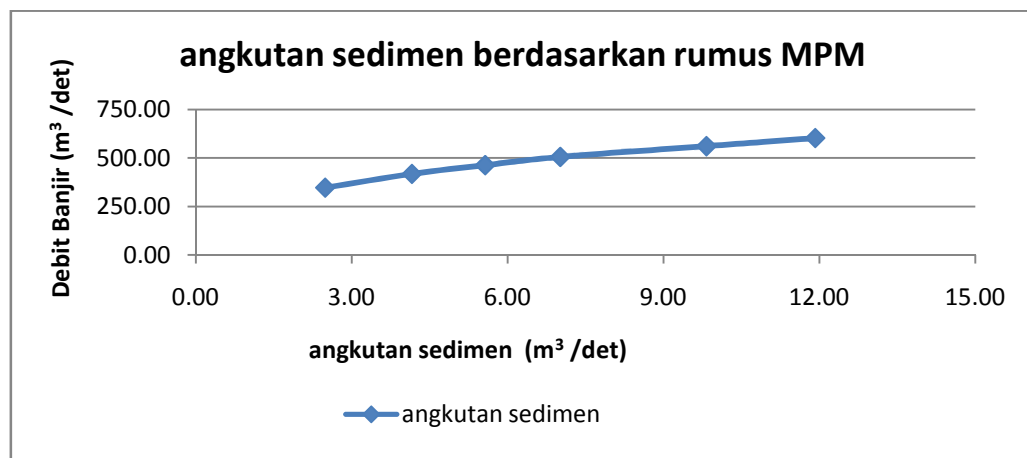
$$\text{Untuk seluruh lebar sungai} = 4,16 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jadi dengan debit banjir dengan periode ulang 5 tahun sebesar 418,68 m³/det didapatkan angkutan sedimen untuk seluruh lebar sungai sebesar 4,16 m³/det.

Untuk debit banjir yang lain dapat dilihat pada tabel30 berikut:

Tabel 30. Hasil perhitungan Angkutan sedimen dasar

Periode Ulang (Tahun)	Q (m ³ /det)	Angkutan Sedimen (m ³ /det)
2	347,80	2,49
5	418,68	4,16
10	463,26	5,57
25	506,02	7,01
50	561,36	9,83
100	602,83	11,92

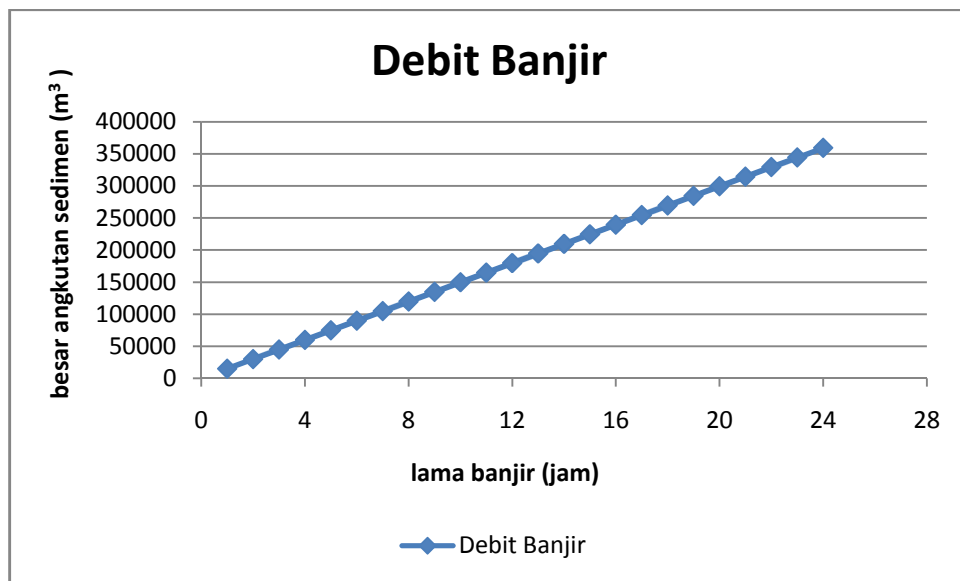


Gambar 12. besar angkutan sedimen dengan rumus MPM

Setelah besaran angkutan sedimen untuk seluruh lebar sungai, kemudian di hitung banyaknya dalam hitungan jam dalam sehari yang ditabelkan dalam tabel 31 sebagai berikut:

Tabel 31. Banyaknya angkutan sedimen dalam satuan jam

jam	Q (m ³ /det)	jam	Q (m ³ /det)	jam	Q (m ³ /det)
1	14962,29	9	134660,6	17	254359
2	29924,58	10	149622,9	18	269321,2
3	44886,87	11	164585,2	19	284283,5
4	59849,16	12	179547,5	20	299245,8
5	74811,46	13	194509,8	21	314208,1
6	89773,75	14	209472,1	22	329170,4
7	104736	15	224434,4	23	344132,7
8	119698,3	16	239396,7	24	359095



Gambar 13. Besarnya Angkutan Sedimen dalam satuan jam

Selanjutnya untuk menentukan banyaknya sedimen yang tertambang di daerah Kali Krasak (daerah tempel), data diperoleh dari hasil wawancara sebagai berikut:

- Lokasi di Daerah Kuwu'an Tempel , Sleman Yogyakarta

Banyaknya pengangkutan dari Demak-Kudus dalam sehari yaitu:

30 truk dengan kapasitas 7 kubik

Jadi dalam sehari banyaknya pengangkutan sedimen yaitu: 210 m^3

Banyaknya pengangkutan dari Semarang dalam sehari yaitu:

30 truk dengan kapasitas 9 kubik.

Jadi dalam sehari banyaknya pengangkutan sedimen yaitu: 270 m^3

Dari data diatas didapatkan hasil pengangkutan dari Kali Krasak dalam sehari yaitu 480 m^3

I. Pembahasan

Dari hasil perhitungan luas daerah tangkapan air hujan untuk semua stasiun digunakan metode Thiessen, metode ini digunakan karena merupakan cara yang sangat baik dan mempunyai ketelitian yang baik jika dibandingkan dengan rata-rata aljabar karena memberikan koreksi terhadap besarnya tinggi hujan selama jangka waktu tertentu dan metode ini akan lebih akurat jika daerah yang ditinjau dengan stasiun pengukuran hujan tidak rata, stasiun tersebar merata dengan variasi hujan tahunan tidak terlalu tinggi.

Dalam perhitungan jenis sebaran digunakan metode Gumbel tipe I karena $C_s = 0,21$ dan $C_k = 2,6$ telah memenuhi syarat dari pemilihan jenis sebaran yaitu C_s mendekati 1,13.

Dari hasil perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Rasional, Weduwen dan Hasper dipilih metode Rasional karena metode Rasional memiliki debit banjir rencana terbesar diantara metode Weduwen dan Hasper yaitu sebesar $418,68 \text{ m}^3/\text{det}$ (periode ulang 5 tahun).

Dari perhitungan banyaknya sedimen yang diambil di daerah kuwu'an rata-rata 60x sehari, sebulan 1800x dengan kapasitas truk 7 kubik dan 9 kubik menghasilkan 480 m^3 dalam 1 hari dan Gondoarum rata-rata 40x sehari, sebulan 1200x sebulan keluar masuk dengan kapasitas truk $10,4 \text{ m}^3$ menghasilkan 416 m^3 dalam 1 hari.

Imbangan antara angkutan sedimen dengan lama banjir periode 5 tahunan adalah selama 11,54 jam. Material yang dibawa itu berupa bongkahan batu, pasir, dan lumpur.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan debit banjir rencana sungai kali Krasak dengan menggunakan metode rasional, metode weduwen, dan metode hasper dipilih metode rasional yaitu diperoleh debit banjir sebesar 418,68 m³/det untuk periode ulang 5 tahun. Dari hasil perhitungan transport sedimen di sungai Kali Krasak menggunakan metode Meyer-Peter-Muller diperoleh timbunan bahan dasar selama 1 jam sebesar 14962 m³. Dari hasil penambangan yang dilakukan di daerah Watugede didapatkan pengangkutan sebesar 172800 m³ (dalam 1 tahun). Sehingga banyaknya pengangkutan sedimen yang dilakukan oleh para penambang dalam 1 tahun dapat diimbangi dengan banjir selama 11,54 jam dengan timbunan bahan dasar sebesar 172823 m³.

B. Saran

1. Masih diperlukan penelitian lebih lanjut tentang “studi kasus imbang anangkutan sedimen di sungai kali krasak” dengan stasiun hujan yang lain.
2. Masih diperlukan penelitian lebih lanjut tentang “studi kasus imbang anangkutan sedimen di sungai kali krasak” dengan lokasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander & Syarifuddin Harahab. (2009). Perencanaan Embung Tambakboyo Kabupaten Sleman D.I.Y. *Tugas Akhir*. Diakses dari <http://eprints.undip.ac.id> pada tanggal 23 Juni 2013, Jam 19:25 WIB.
- Arie A, Andika And Mahendra M, Marthen. (2009). Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Kali Krasak II (Design Of Steell Structure Krasak's River II Bridge). *Tugas Akhir*. Diakses dari <http://eprints.undip.ac.id> pada tanggal 21 Januari 2014, Jam 19:25 WIB.
- Aryo Nugroho, Sekti & Syahrizal. 2011. Perencanaan Bendung Penahan Sedimen Kali Putih Pasca Erupsi 2010. *Tugas Akhir*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Undip
- Harto, Sri, (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT gramedia Pustaka Utama
- Kamiana, I Made. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Mardjiko, P. (1993). *Angkutan Sedimen*. Yogyakarta: UGM
- Peta DAS Krasak diakses dari [http://geografight.blogspot.com/Analisis Curah Hujan Tahunan DAS Krasak](http://geografight.blogspot.com/Analisis%20Curah%20Hujan%20Tahunan%20DAS%20Krasak). Pada tanggal 23 November 2013 jam 16.25 WIB
- Satriagasa, M Chrisna. 2011. Pemetaan Kelas Kemampuan Lahan Das Krasak dengan Metode Matching dan Skoring. *Tugas*. Yogyakarta: Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi UGM
- Soemarto, C.D (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova
- Sosrodarsono, Kensaku Takeda. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi

LAMPIRAN



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281
Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami
Hari, Tanggal Pengujian : Rabu, 4 Desember 2013
Pukul : 13 : 15 WIB
Cuaca : Cerah
Nama Penguji : Lanaria Pangestu

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir krasak sebanyak 100 gram sebanyak 3 sampel. Volume air yang digunakan sebanyak 100 ml yang. Pasir dan air dimasukkan dalam gelas ukur dan dapat dilihat volume totalnya.

DATA LAPORAN :

Tabel 1. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Alami

Pemeriksaan	Sampel pertama	Sampel kedua	Sampel ketiga
Volume air (A)	100 ml	100 ml	100 ml
Volume air + pasir (B)	138 ml	138 ml	136 ml
Berat pasir (m)	100 gram	100 gram	100 gram
Volume pasir ($v = A - B$)	38 ml	38 ml	36 ml
Berat jenis (m/v)	2,64	2,64	2,78

Dari data diatas didapat berat jenis rata-rata pasir alami adalah 2,69

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 4 Desember 2013
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.

NIP.19610214 199103 1 001

Lanaria P.

NIM. 10510134025



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Alamat : kampus Karang Malang Yogyakarta 55281

Telephone : 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pemeriksaan Analisa Ayak Pasir (MKB)
Hari, Tanggal Pengujian : Rabu, 4 Desember 2013
Pukul : 13 : 45 WIB
Cuaca : Cerah
Nama Penguji : Lanaria Pangestu

BAHAN :

Pasir yang dipakai adalah pasir krasak alami sebanyak 1000 gram.

DATA LAPORAN :

Tabel 2. Hasil Pengujian Analisa Ayak Pasir

Lubang Ayakan	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Lolos (Gram)	% Berat Lolos
9, 52	33,71	966,29	96,6
4,76	30,73	935,56	93,5
2,40	37,52	898,04	89,8
1,20	39,33	858,71	85,8
0,6	131,67	727,04	72,7
0,3	131,95	595,09	59,5
0,15	538	57,09	5,71
< 0,15	54,44	2,65	0,26
Jumlah	997,35		

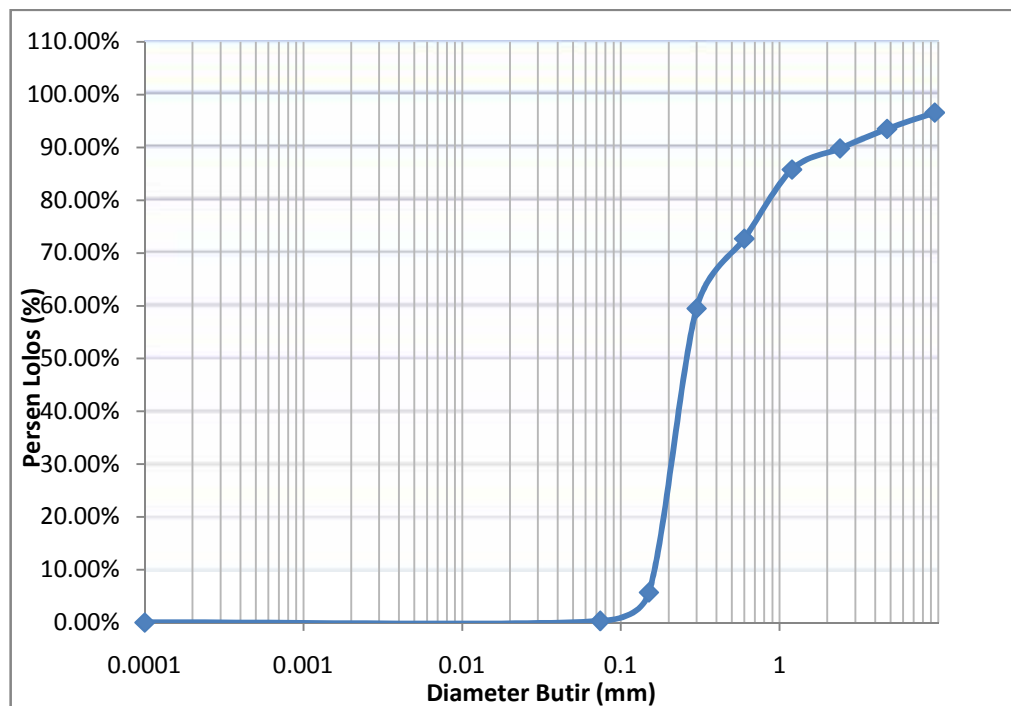
Dari data diatas diketahui bahwa pasir yang digunakan termasuk dalam zone 2, yaitu pasir agak kasar dan modulus halus butir sebesar 3,39.

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Yogyakarta, 4 Desember 2013
Diuji oleh mahasiswa,

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Lanaria P.
NIM. 10510134025



Gambar 1. Grafik Gradasi Butiran